

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-259893

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

(21)Application number : 10-159654

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 08.06.1998

(72)Inventor : UEDA MITSUNORI  
KUBO TAKESHI  
SUZUKI JUNICHI  
SAKAMOTO SATOSHI  
KAWAMURA HIROSHI  
HINENO SATORU

(30)Priority

Priority number : 10 3480

Priority date : 09.01.1998

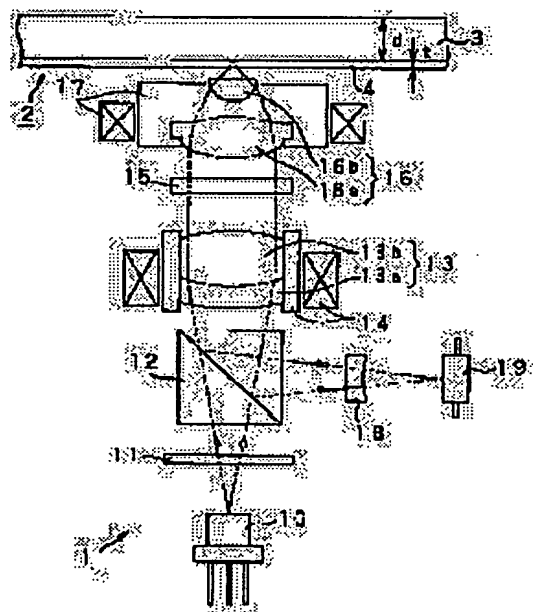
Priority country : JP

(54) OPTICAL HEAD, RECORDING AND/OR REPRODUCING DEVICE, RECORDING AND/OR REPRODUCING METHOD, AND THICKNESS DETECTING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the recording density and capacity of an optical disk by reducing the quantity of a spherical aberration even when the numerical aperture of an objective mounted on the optical head is large.

**SOLUTION:** An optical head 1 is used for recording and reproduction an optical disk 2 having a light transmission layer 4 formed on a recording layer and is provided with an actuator 14 for a collimator lens. This actuator 14 moves the collimator lens 13 arranged between a light source 10 and the objective 16 so as to cancel spherical aberration due to errors in the thickness of the light transmission layer 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-259893

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

G 1 1 B 7/135

識別記号

F I

G 1 1 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平10-159654

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月8日

(31) 優先権主張番号 特願平10-3480

(32) 優先日 平10(1998) 1月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 植田 充紀

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 久保 毅

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 鈴木 潤一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

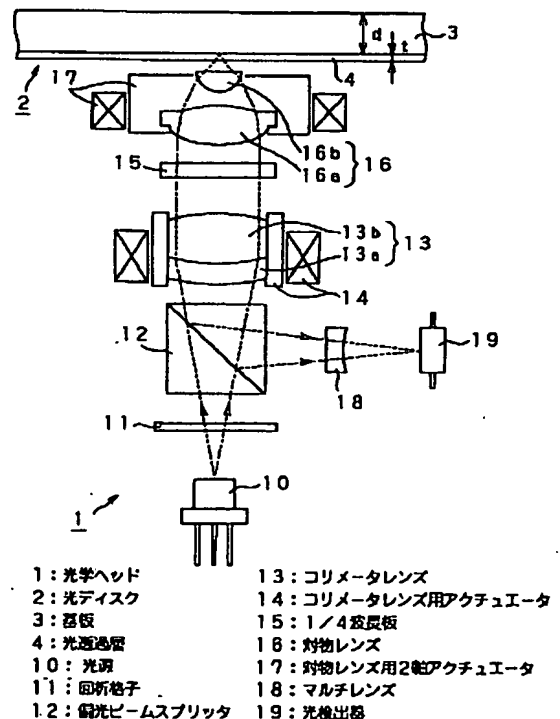
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学ヘッド、記録及び／又は再生装置並びに記録及び／又は再生方法、並びに厚み検出方法

(57) 【要約】

【課題】 光学ヘッドに搭載される対物レンズの開口数、NAを大きくしても、球面収差の発生量が少なく済むようにし、これにより、光ディスクの高記録密度化及び大容量化を図れるようにする。

【解決手段】 記録層上に光透過層4が形成されてなる光ディスク2に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッド1に、コリメータレンズ用アクチュエータ14を設ける。そして、このコリメータレンズ用アクチュエータ14によって、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を打ち消すように、光源10と対物レンズ16との間に配されたコリメータレンズ13を移動させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドであって、

光を出射する光源と、

上記光源からの光を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させる対物レンズと、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する光学素子と、

上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記光学素子を移動させる移動手段とを備えることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2】 上記光学素子は、コリメータレンズからなること

を特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 3】 上記光透過層の膜厚が 0.47mm 以下であり、

上記対物レンズの開口数 NA が 0.65 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 4】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う記録及び／又は再生装置であって、

上記光透過層の厚さを検出する厚さ検出手段と、

上記情報記録媒体に対して上記光透過層を介して上記記録層に光を照射するとともに、その反射光を検出する光学ヘッドとを備え、

上記光学ヘッドは、

光を出射する光源と、

上記光源からの光を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させる対物レンズと、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する光学素子と、

上記厚さ検出手段によって検出された上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記光学素子を移動させる移動手段とを備えることを特徴とする記録及び／又は再生装置。

【請求項 5】 上記光学素子は、コリメータレンズからなることを特徴とする請求項 4 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 6】 上記光透過層の膜厚が 0.47mm 以下であり、

上記対物レンズの開口数 NA が 0.65 以上であることを特徴とする請求項 4 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 7】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う際に、

光を出射する光源と、上記光源からの光を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子とを備えた光学ヘッドを使用するとともに、

上記光透過層の厚さを検出し、その検出結果に応じて、球面収差を打ち消すように上記光学素子を移動させることを特徴とする記録及び／又は再生方法。

【請求項 8】 上記光学素子として、コリメータレンズを使用することを特徴とする請求項 7 記載の記録及び／又は再生方法。

【請求項 9】 上記光透過層の膜厚が 0.47mm 以下であり、

上記対物レンズの開口数 NA が 0.65 以上であることを特徴とする請求項 7 記載の記録及び／又は再生方法。

【請求項 10】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体の上記光透過層の厚みを検出するに際し、

光源から光を出射し、

上記光源から出射された光を、対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光させ、

上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射された戻り光を、光検出器によって受光してフォーカスエラー信号を検出し、

上記フォーカスエラー信号のうち、上記記録層で反射された戻り光による信号と、上記光透過層の表面で反射された戻り光による信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする厚み検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスク等のような情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う際に使用される光学ヘッド、並びにそのような光学ヘッドを備えた記録及び／又は再生装置に関する。また、本発明は、光ディスク等のような情報記録媒体の記録及び／又は再生方法に関する。さらに、本発明は、記録層上に光透過層が形成されてなる情報記録媒体の光透過層の厚み検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】再生専用光ディスク、相変化型光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等の如き情報記録媒体は、映像情報、音声情報又はコンピュータ用プログラム等のデータを保存するために、広く使用されている。そして、これらの情報記録媒体に対する高記録密度化及び大容量化の要求は、近年ますます強くなっている。

【0003】このような情報記録媒体の記録密度を上げるには、光学ヘッドに搭載される対物レンズの開口数 NA を大きくするとともに、使用する光の波長  $\lambda$  を短くして、対物レンズによって集光される光のスポット径を小径化することが有効である。

【0004】そこで、例えば、デジタル光ディスクとして比較的初期に実用化された CD（コンパクトディスク）では、対物レンズの開口数 NA が 0.45、使用する光の波長が 780nm とされているのに対して、コンパクトディスクよりも高記録密度化及び大容量化がな

れたデジタル光ディスクであるDVDでは、対物レンズの開口数NAが0.6、使用する光の波長が650nmとされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、通常、光ディスク等のような情報記録媒体は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有しており、この光透過層を介して記録層に光を照射することにより記録や再生が行わ

$$W_{40} = \{ \Delta t (n^2 - 1) / (8n^3) \} NA^4 \dots (1)$$

上記式(1)に示すように、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差は、開口数NAの4乗に比例して増加する。したがって、特に開口数NAを大きくした場合、この球面収差の発生を抑えることが非常に重要となる。

【0007】この球面収差を抑えるためには、上記式(1)からも分かるように、光透過層の厚さの公差を厳しくして、光透過層の厚み誤差を小さくすることが効果

$$-0.00388/NA^4 \leq \Delta t \leq +0.00388/NA^4 \dots (2)$$

そして、上記式(2)から、開口数NAを大きくしたときに、球面収差の発生をDVDのときと同程度に抑えるために要求される公差を求めることができる。すなわち、上記式(2)から、例えば開口数NA=0.7のときには $-0.016\text{mm} \leq \Delta t \leq +0.016\text{mm}$ とすればよく、また、例えば開口数NA=0.85のときには $-0.0074\text{mm} \leq \Delta t \leq +0.0074\text{mm}$ とすればよいことが分かる。

【0009】しかしながら、光透過層の厚さの公差を厳しくすることは非常に困難である。光透過層の厚さを一定に変更することは量産システムにおいて大きな工程変更ではないが、光透過層の厚み誤差の大きさは情報記録媒体の製造方法に依存するため、その精度を上げることは非常に困難であり、たとえ実現したとしても、大幅な工程変更等が必要であり、製造コストの大幅な上昇を伴ってしまう。したがって、球面収差を抑えるために光透過層の厚さの公差を厳しくすることは、あまり有効な手段とは言えない。

【0010】本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、開口数NAを大きくしても球面収差を抑えることが可能な光学ヘッド並びに記録及び／又は再生装置を提供することを目的としている。また、本発明は、開口数NAを大きくしても球面収差を抑えることが可能な記録及び／又は再生方法を提供することも目的としている。また、本発明は、記録層上に光透過層が形成されてなる情報記録媒体の上記光透過層の厚みを簡便に検出することのできる厚み検出方法を提供することも目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光学ヘッドは、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドである。そして、光を出射する光源と、上記光源からの光を上記光透過層を介して

れる。このとき、光透過層の厚さに誤差があり、規定値からずれていると、当該誤差に起因して球面収差が生じる。この球面収差のうち、例えば3次の球面収差 $W_{40}$ は、下記式(1)で表される。なお、下記式(1)において、 $\Delta t$ は光透過層の厚み誤差、 $n$ は光透過層の屈折率、NAは対物レンズの開口数である。

【0006】

10 的である。例えば、DVDにおいて光透過層の厚さの公差は $\pm 0.03\text{mm}$ であり、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差をDVDの場合(すなわち開口数NAが0.6の場合)と同程度に抑えるには、光透過層の厚み誤差 $\Delta t$ を下記式(2)を満たす範囲内とすればよい。

【0008】

上記記録層上に集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子と、上記光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように上記光学素子を移動させる移動手段とを備えることを特徴とする。

【0012】なお、上記光学ヘッドにおいて、上記光学素子としては、例えば、コリメータレンズが好適である。このコリメータレンズは、上記光透過層の厚さが規定値通りの場合には、上記光源から出射され上記対物レンズに入射する光を略平行光とするものである。

【0013】また、上記光学ヘッドにおいて、対物レンズの開口数NAを0.65以上とする場合、上記情報記録媒体としては、光透過層の膜厚が0.47mm以下のものが好適である。

【0014】以上のような本発明に係る光学ヘッドでは、光源と対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子を、光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように、移動手段により移動するようにしている。したがって、光透過層に厚み誤差があったとしても、当該厚み誤差に起因する球面収差の発生を抑えることができる。

【0015】また、本発明に係る記録及び／又は再生装置は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う記録及び／又は再生装置であって、上記光透過層の厚さを検出する厚さ検出手段と、上記情報記録媒体に対して上記光透過層を介して上記記録層に光を照射するとともにその反射光を検出する光学ヘッドとを備える。そして、上記光学ヘッドが、光を出射する光源と、上記光源からの光を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子と、上記厚さ検出手段によって検出された上記光透過層の厚さに応じて球面収

差を打ち消すように上記光学素子を移動させる移動手段とを備えていることを特徴としている。

【0016】なお、上記記録及び／又は再生装置において、上記光学素子としては、例えば、コリメータレンズが好適である。このコリメータレンズは、上記光透過層の厚さが規定値通りの場合には、上記光源から出射され上記対物レンズに入射する光を略平行光とするものである。

【0017】また、上記記録及び／又は再生装置において、上記対物レンズの開口数NAを0.65以上とする場合、上記情報記録媒体としては、光透過層の膜厚が0.47mm以下のものが好適である。

【0018】以上のような本発明に係る記録及び／又は再生装置では、光源と対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子を、光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように、移動手段により移動するようにしている。したがって、光透過層に厚み誤差があったとしても、当該厚み誤差に起因する球面収差の発生を抑えることができる。

【0019】また、本発明に係る記録及び／又は再生方法は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う方法である。そして、上記情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う際に、光を出射する光源と、上記光源からの光を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子とを備えた光学ヘッドを使用するとともに、上記光透過層の厚さを検出し、その検出結果に応じて、球面収差を打ち消すように上記光学素子を移動させることを特徴としている。

【0020】なお、上記記録及び／又は再生方法において、上記光学素子としては、例えば、コリメータレンズを使用する。この場合、上記光透過層の厚さが規定値通りならば、上記光源から出射された光を上記コリメータレンズによって略平行光として、上記対物レンズに入射させるようにする。

【0021】また、上記記録及び／又は再生方法において、上記対物レンズの開口数NAを0.65以上とする場合、上記情報記録媒体としては、光透過層の膜厚が0.47mm以下のものが好適である。

【0022】以上のような本発明に係る記録及び／又は再生方法では、光源と対物レンズとの間に配された所定の屈折力を有する光学素子を、光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように移動するようにしている。したがって、光透過層に厚み誤差があったとしても、当該厚み誤差に起因する球面収差の発生を抑えることができる。

【0023】また、本発明に係る厚み検出方法は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体の上記光透過層の厚みを検出する厚み検出方法であ

って、光源から光を出射し、上記光源から出射された光を、対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光させ、上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射された戻り光を、光検出器によって受光してフォーカスエラー信号を検出し、上記フォーカスエラー信号のうち、上記記録層で反射された戻り光による信号と、上記光透過層の表面で反射された戻り光による信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする。

【0024】上述したような本発明に係る厚み検出方法では、フォーカスエラー信号から光透過層の厚さを検出しているので、特別な装置を必要とすることなく簡便に光透過層の厚さが検出される。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0026】＜光学ヘッド＞本発明を適用した光学ヘッドの一例を図1に示す。この光学ヘッド1は、相変化型の光ディスク2に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドである。なお、ここでは、相変化型の光ディスク2に対して記録再生を行う光学ヘッド1を例に挙げるが、本発明は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドに対して広く適用可能であり、記録及び／又は再生の対象となる情報記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等であってもよい。

【0027】この光学ヘッド1によって記録再生がなされる光ディスク2は、厚さdが例えば約1.2mm又は約0.6mmとされた基板3の上に、相変化によって情報信号を記録する記録層が形成されるとともに、この記録層上に、厚さtが例えば約0.1mmとされた光透過層4が形成されてなる。ここで、光透過層4は、記録層を保護する保護層となるものである。そして、この光ディスク2は、基板3の側からではなく、基板3よりも遥かに膜厚が薄い光透過層4の側から光を入射させて、記録再生を行うようになっている。

【0028】このように、記録層に至るまでの厚さが薄い方の側から光を入射するようにすることで、収差の発生を抑制することができ、従来のCDやDVD以上の高記録密度化及び大容量化を図ることができる。ただし、当然の事ながら本発明に係る光学ヘッドは、基板側から光を入射させて記録及び／又は再生を行うような情報記録媒体にも適用可能である。

【0029】そして、この光学ヘッド1は、図1に示すように、光源10と、回折格子11と、偏光ビームスプリッタ12と、コリメータレンズ13と、コリメータレンズ用アクチュエータ14と、1/4波長板15と、対物レンズ16と、対物レンズ用2軸アクチュエータ17と、マルチレンズ18と、光検出器19とを備えている。

【0030】上記光源10は、記録再生時に光ディスク2に向けて光を出射するものであり、例えば、波長 $\lambda$ が650nmの直線偏光レーザ光を出射する半導体レーザからなる。この光源10は、光ディスク2から情報信号を再生する際は、一定の出力のレーザ光を出射し、光ディスク2に情報信号を記録する際は、記録する信号に応じて、出射するレーザ光の強度を変調する。

【0031】なお、本発明において、光源10から出射されるレーザ光の波長 $\lambda$ は、特に限定されるものではない。例えば、650nmよりも短波長のレーザ光を出射する半導体レーザが実用化された場合には、より短波長のものを用いたほうが、更なる高記録密度化及び大容量化を図る上で好適である。

【0032】そして、光源10から出射されたレーザ光は、先ず、回折格子11に入射し、この回折格子11によって回折される。この回折格子11は、いわゆる3スポット法によるトラッキングサーボを可能とするために、レーザ光を少なくとも3つに分割するためのものである。

【0033】そして、回折格子11によって回折される0次光及び $\pm 1$ 次光（以下、これらをまとめて「入射レーザ光」と称する。）は、偏光ビームスプリッタ12を透過して、コリメータレンズ13に入射する。ここで、コリメータレンズ13は、例えば、2枚の球面レンズ13a、13bを貼り合わせてなる。

【0034】コリメータレンズ13に入射した入射レーザ光は、光ディスク2の光透過層4の厚さ $t$ が規定値通りの場合には、コリメータレンズ13によって平行光とされる。換言すれば、コリメータレンズ13は、所定の屈折力を有する光学素子であり、光ディスク2の光透過層4の厚さ $t$ が規定値通りの場合には入射レーザ光を平行光にするように配置されている。

【0035】なお、このコリメータレンズ13は、コリメータレンズ用アクチュエータ14に搭載されており、このコリメータレンズ用アクチュエータ14によって、入射レーザ光の光軸に沿って前後に移動可能とされている。そして、このコリメータレンズ13は、光ディスク2の光透過層4の厚さ $t$ が規定値から外れている場合には、当該光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、コリメータレンズ用アクチュエータ14によって移動操作される。すなわち、光ディスク2の光透過層4の厚さ $t$ が規定値から外れている場合、入射レーザ光は、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、コリメータレンズ13によって発散光或いは収束光とされる。

【0036】そして、コリメータレンズ13から出射された入射レーザ光は、1/4波長板15を介して、対物レンズ16に入射する。ここで、入射レーザ光は、1/4波長板15を透過する際に円偏光状態となされ、この円偏光光束が、対物レンズ16に入射する。

【0037】ここで、対物レンズ16は、入射レーザ光を、光ディスク2の記録層上に集光するためのものである。すなわち、1/4波長板15によって円偏光状態とされた入射レーザ光は、対物レンズ16によって集光されて、光ディスク2の光透過層4を介して、光ディスク2の記録層に入射する。

【0038】なお、この対物レンズ16は、1枚のレンズからなるものであってもよいが、図1に示すように、2枚のレンズ16a、16bを組み合わせて構成することが好ましい。対物レンズ16を2枚のレンズ16a、16bによって構成した場合には、開口数NAを大きくしても、各レンズ面の曲率をあまりきつくする必要がなく作製が容易である。したがって、対物レンズ16を2枚のレンズ16a、16bによって構成することにより、開口数NAをより大きくすることが可能となり、更なる高記録密度化及び大容量化を実現できる。

【0039】なお、対物レンズ16は、3枚以上のレンズから構成するようにしてもよい。3枚以上のレンズから構成することにより、各レンズ面の曲率をより緩やかなものとすることができる。しかしながら、レンズの数が多すぎると、各レンズを精度良く組み合わせることが難しくなるので、実際には2枚のレンズで構成することが好ましい。

【0040】上述のように対物レンズ16によって集光され光ディスク2の記録層に入射した入射レーザ光は、記録層で反射されて戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って対物レンズ16を透過した後、1/4波長板15に入射する。そして、この戻り光は、1/4波長板15を透過することにより、往きの偏光方向に対して90度回転された直線偏光となり、その後、この戻り光は、コリメータレンズ13によって収束光とされた後、偏光ビームスプリッタ12に入射し、この偏光ビームスプリッタ12によって反射される。

【0041】偏光ビームスプリッタ12によって反射された戻り光は、マルチレンズ18を経て、光検出器19によって検出される。ここで、マルチレンズ18は、入射面が円筒面となされ、出射面が凹面となされたレンズである。このマルチレンズ18は、戻り光に対して、いわゆる非点収差法によるフォーカスサーボを可能とするための非点収差を与えるためのものである。

【0042】マルチレンズ18によって非点収差が与えられた戻り光を検出する光検出器19は、例えば6つのフォトダイオードを備えてなる。そして、この光検出器19は、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号をそれぞれ出力するとともに、それらの電気信号に対して所定の演算処理を施して、フォーカスサーボ信号やトラッキングサーボ信号等の信号を生成し出力する。

【0043】具体的には、光検出器19は、マルチレンズ18によって非点収差が与えられた戻り光を検出し

て、いわゆる非点収差法によってフォーカスサーボ信号を生成し出力する。そして、この光学ヘッド1は、このフォーカスサーボ信号に基づいて、対物レンズ16が搭載された対物レンズ用2軸アクチュエータ17を駆動することで、フォーカスサーボを行う。

【0044】また、光検出器19は、回折格子11によって回折されてなる0次光及び±1次光について、それらの戻り光をそれぞれ検出して、いわゆる3ビーム法によってトラッキングサーボ信号を生成し出力する。そして、この光学ヘッド1は、このトラッキングサーボ信号に基づいて、対物レンズ16が搭載された対物レンズ用2軸アクチュエータ17を駆動することで、トラッキングサーボを行う。

【0045】更に、光検出器19は、光ディスク2から情報信号を再生する際に、各フォトダイオードに入射した戻り光の光強度に応じた電気信号に対して所定の演算処理を施して、光ディスク2からの再生信号を生成し出力する。

【0046】なお、この光学ヘッド1では、対物レンズ16を対物レンズ用2軸アクチュエータ17に搭載し、この対物レンズ用2軸アクチュエータ17により、フォーカスサーボ及びトラッキングサーボを行うようにしているが、本発明に係る光学ヘッドでは、例えば、対物レンズをアクチュエータによって移動操作することにより行うサーボをフォーカスサーボだけにして、トラッキングサーボについては、光学ヘッド全体を動かすことにより行うようにしてもよい。

【0047】上記光学ヘッド1を用いて光ディスク2の記録層上に光を集光して記録再生を行うとき、光ディスク2の光透過層4の厚み誤差によって発生する主な収差は、デフォーカスによるものと、球面収差によるものである。

【0048】そして、デフォーカスについては、フォー

$$W_{40} = \{ \Delta t (n^2 - 1) / (8 n^3) \} NA^4 \quad \dots (1)$$

この式(1)は、縦収差量を対物レンズの開口数NAでテイラー展開し、波面収差に換算したものである。すなわち、開口数NAを正弦関数で表し展開すると下記式

(3)で表され、この式(3)の右辺第2項より求めた

$$\sin(\theta) = x - x^3/6 + x^5/120 - x^7/5040 + o(x)^8 \quad \dots (3)$$

しかしながら、上記式(3)からも分かるように、実際には更に高次の収差が存在する。そして、上記式(3)の右辺第3項より求めた波面収差量は、5次の球面収差

$$W_{60} = \{ \Delta t (n^2 - 1) (n^2 + 3) / 48 n^5 \} NA^6 \quad \dots (4)$$

そして、光透過層4の厚み誤差によって発生する3次の球面収差 $W_{40}$ と5次の球面収差 $W_{60}$ との合計は、上記式

(1)と上記式(4)の合計であり、下記式(5)で表

$$W \approx W_{40} [1 + \{ (n^2 + 3) / 6 n^2 \} NA^2] \quad \dots (5)$$

なお、縦収差量は、上記式(5)を開口数NAで微分することにより求め、下記式(6)で表される。

$$\delta S = \{ \Delta t (n^2 - 1) / 2 n^3 \} NA^3 [1 + \{ (n^2 + 3) / 4 n^2 \} NA^2]$$

カスサーボにより補正される。すなわち、光検出器19からのフォーカスサーボ信号に基づいて、対物レンズ用2軸アクチュエータ17により対物レンズ16を光軸方向に沿って前後に動かすことで、デフォーカスが補正され、記録層上に焦点が合わされる。なお、このようなデフォーカスについての補正は、従来の光学ヘッドにおいても行われていることである。

【0049】一方、球面収差については、対物レンズ16を光軸方向に沿って前後に移動しても、補正することができない。この球面収差は、例えば、光透過層4の厚さ $t$ に応じて対物レンズ16を交換したり、或いは、光透過層4の厚さ $t$ に応じて対物レンズ16を構成する光学媒質の屈折率を変化させたりすれば、補正することができる。しかしながら、これらの手法は、あまり現実的ではない。

【0050】そこで、本発明を適用した光学ヘッド1では、光透過層4の厚さ $t$ に応じて、コリメータレンズ用アクチュエータ14により、コリメータレンズ13を光軸方向に沿って前後に動かすことで、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正するようにしている。すなわち、この光学ヘッド1において、コリメータレンズ用アクチュエータ14は、光ディスク2の光透過層4の厚さ $t$ に応じて、球面収差を打ち消すようにコリメータレンズ13を移動させる移動手段となっている。

【0051】つぎに、光透過層4の厚み誤差により発生する球面収差、並びにその補正の方法について詳細に説明する。

【0052】光透過層4に厚み誤差があると、上述したように、式(1)で表されるような3次の球面収差 $W_{40}$ が発生する。なお、以下に挙げる式において、 $\Delta t$ は光透過層4の厚み誤差、 $n$ は光透過層4の屈折率、 $NA$ は対物レンズ16の開口数である。

【0053】

波面収差が、上記式(1)で表される3次の球面収差である。

【0054】

40  $W_{60}$ と呼ばれる量であり、下記式(4)で表される。

【0055】

【0056】

【0057】



上記式(1)で表される3次の球面収差 $W_{40}$ は、各光学面で発生する収差の和で表すことができる。したがって、3次の球面収差 $W_{40}$ だけならば、光源10から光透過層4までのどこかに反対符号の球面収差を発生する光学素子を配置することで補正することが可能である。しかしながら、上記式(5)から分かるように、光透過層4の屈折率 $n$ が小さいほど、また対物レンズ16の開口数 $NA$ が大きいほど、光透過層4の厚み誤差 $\Delta t$ によって発生する球面収差において、5次の球面収差 $W_{60}$ の寄与が大きくなり、3次の球面収差 $W_{40}$ を補正するだけでは済まなくなってしまう。

【0058】ここで、3次の球面収差 $W_{40}$ は、光透過層4の屈折率 $n$ が $3^{1/2}$ ( $\approx 1.732$ )のときに最大となり、光透過層4の屈折率 $n$ がこれよりも小さくなると急激に減少する。そして、通常、光透過層4の屈折率 $n$ は1.5程度である。したがって、光透過層4の屈折率 $n$ が小さくなることにより、5次の球面収差 $W_{60}$ の寄与が大きくなったとしても、この5次の球面収差 $W_{60}$ は、全体の収差量の減少に隠れて、あまり問題とはならない。

【0059】一方、上述したように、対物レンズ16の開口数 $NA$ が大きくなった場合にも、5次の球面収差 $W_{60}$ の寄与が大きくなるが、このときの5次の球面収差 $W_{60}$ の増大は無視できない。例えば、開口数 $NA$ が大きくなり、球面収差全体における5次の球面収差 $W_{60}$ の割合が最大となった場合には、5次の球面収差 $W_{60}$ が球面収差全体の40%程度まで占めることがあり得る。したがって、特に、開口数 $NA$ の大きな系では、5次の球面収差 $W_{60}$ の影響を十分に考慮する必要がある。

$$\{(n_1^2+3)/n_1^2\} NA_1^2 = \{(n_0^2+3)/n_0^2\} NA_0^2 \quad \dots (7)$$

$$\{(n_1^2-1)/n_1^3\} NA_1^4 = \{(n_0^2-1)/n_0^3\} NA_0^4 \quad \dots (8)$$

上記式(7)及び(8)が成立するようにするためには、実際に実現可能な屈折率を考慮すると、対物レンズ16の開口数 $NA_1$ と、コリメータレンズ13の光入射側の開口数 $NA_0$ とを同じ程度の値にすることが必要であり、具体的には、少なくとも $NA_1/NA_0 \leq 2$ を満たすようにする必要がある。しかしながら、対物レンズ16の開口数 $NA_1$ を大きくした場合に、それに合わせて、コリメータレンズ13の光入射側の開口数 $NA_0$ を大きくすることは、あまり現実的ではない。したがって、光源10とコリメータレンズ13との間に平行平板を入れる方法では、球面収差をある程度補正することは可能であっても、完全に補正することはできない。

【0063】更に、平行平板以外の光学素子を用いたとしても、単に光学素子を光軸上に配するだけでは、全ての球面収差を完全に補正することは困難である。なぜなら、上記式(1)及び式(4)からも分かるように、3次の球面収差 $W_{40}$ の発生量と、5次の球面収差 $W_{60}$ の発生量とが、開口数 $NA$ によって異なるからである。した

【0060】具体的には、例えば、開口数 $NA=0.85$ 、

6、光透過層4の屈折率 $n=1.5$ のとき、光透過層4の厚み誤差 $\Delta t$ が $30 \mu m$ であったとする。このとき、当該厚み誤差 $\Delta t$ に起因する縦収差量を、5次の球面収差 $W_{60}$ を考慮した上記式(6)より求めると、約 $1.452 \mu m$ となる。一方、開口数 $NA=0.85$ 、光透過層4の屈折率 $n=1.5$ のとき、光透過層4の厚み誤差 $\Delta t$ が $30 \mu m$ であったとする。このとき、当該厚み誤差 $\Delta t$ に起因する縦収差量を、同様に上記式(6)より求めると、約 $4.850 \mu m$ となる。すなわち、光透過層4の厚み公差を $\pm 0.03 mm$ としたとき、開口数 $NA$ が0.6ならば、光透過層4の厚み誤差 $\Delta t$ に起因する縦収差量は $1.452 \mu m$ 以下となるが、開口数 $NA$ を0.85とすると、特に5次の球面収差 $W_{60}$ が大きくなり、当該縦収差量が最大で $4.850 \mu m$ にもなってしまう。

【0061】さて、以上のような球面収差を補正する場合には、上記式(6)で表される球面収差と同じ大きさで逆符号の収差を発生させればよい。一番単純な方法としては、光源10とコリメータレンズ13との間に、平行平板を入れて補正する方法が考えられる。この場合は、下記式(7)及び式(8)が成り立てば、5次の球面収差 $W_{60}$ までの補正が可能である。なお、下記式(7)及び式(8)において、 $NA_0$ はコリメータレンズ13の光入射側の開口数、 $n_0$ は挿入する平行平板の屈折率、 $n_1$ は光透過層4の屈折率、 $NA_1$ は対物レンズ16の開口数である。

【0062】

がって、現実的には、光透過層4の厚み公差等を考慮して、収差が許容範囲内に納まるように、バランス良く補正を行うことが望まれる。

【0064】そこで、本発明を適用した上記光学ヘッド1では、コリメータレンズ用アクチュエータ14によってコリメータレンズ13を光軸方向に沿って移動操作することで、バランスの良い補正を実現している。コリメータレンズ13を前後に動かすことで、対物レンズ16の光入射側の開口数 $NA$ が変化し、これにより、球面収差を補正することができる。

【0065】なお、上記光学ヘッド1において、コリメータレンズ13の射出瞳径は、対物レンズ16の入射瞳径よりも十分に大きくしておくことが好ましい。これにより、対物レンズ16の光入射側の開口数 $NA$ が変化したとしても、対物レンズ16の光出射側の開口数 $NA$ はほぼ一定に保持され、安定な記録再生が可能となる。

【0066】ところで、上記光学ヘッド1において、コリメータレンズ13の光入射側の開口数 $NA$ は、主に光

源 10 から出射された入射レーザ光とのカップリング効率を上げるといふ観点から設定され、具体的には、0.3 程度以下に設定することが好ましい。一方、対物レンズ 16 の光出射側の開口数 NA は、記録層上に集光される光の小径化を図るために大きい方が好ましく、具体的には、DVD を越えるような高記録密度化及び大容量化を図ろうとする場合、この開口数 NA を 0.65 程度以上に設定することが好ましい。

【0067】このように、上記光学ヘッド 1 では、コリメータレンズ 13 の光入射側の開口数 NA を、対物レンズ 16 の光出射側の開口数 NA に比較してかなり小さく設定することが好ましく、このように設定した場合、コリメータレンズ 13 の光軸方向の移動により発生する球面収差は、主に 3 次の球面収差  $W_{40}$  である。したがって、コリメータレンズ 13 の移動によって、光透過層 4 の厚み誤差  $\Delta t$  に起因する球面収差の全てを完全に除去することはできない。

【0068】そこで、コリメータレンズ 13 を移動操作する際は、収差の二乗平均値が最小となるように、コリメータレンズ 13 の移動先の位置を設定する。具体的には、例えば、主光線と周辺光線の光路差を光線追跡法により計算し、それらのずれ（すなわち波面収差）の二乗平均が最小となるようなコリメータレンズ位置を予め算出しておく。そして、光ディスク 2 に対して記録再生を行う際に、光透過層 4 の厚さ  $t$  を検出し、その誤差  $\Delta t$  に応じて、予め算出しておいた位置にコリメータレンズ用アクチュエータ 14 によってコリメータレンズ 13 を移動させる。

【0069】なお、上記光学ヘッド 1 では、コリメータレンズ 13 の焦点距離に比べて、コリメータレンズ 13 の移動距離が十分に小さくなるようにし、コリメータレンズ 13 の移動により発生する波面収差  $W_{rms}$  が 0.1  $\lambda$  程度となるようにすることが好ましい。このようにした場合には、コリメータレンズ 13 の移動量と、当該コリメータレンズ 13 の移動によって生じる球面収差の発生量とが、ほぼ線形比例するようになるので、コリメータレンズ用アクチュエータ 14 の構成並びにその駆動方法等を簡略なものとすることができる。換言すれば、コリメータレンズ 13 の焦点距離に比べて、コリメータレンズ 13 の移動距離が十分に小さくなるようにすることは、サーボ機構を構成する上で非常に有利である。

【0070】なお、上記光学ヘッド 1 では、コリメータレンズ 13 を移動操作することで、光透過層 4 の厚み誤差  $\Delta t$  に起因する球面収差を補正するようにしたが、光透過層 4 の厚み誤差  $\Delta t$  に起因する球面収差の補正に用いる光学素子は、コリメータレンズでなくてもよい。

【0071】すなわち、本発明において、光透過層 4 の厚み誤差  $\Delta t$  に起因する球面収差の補正に用いる光学素子は、光源 10 と対物レンズ 16 との間に配されていればよく、例えば、光源 10 とコリメータレンズ 13 との

間にレンズを配置して、このレンズを光軸に沿って前後に移動操作するようにしても良いし、また、コリメータレンズ 13 と対物レンズ 16 との間にレンズを配置して、このレンズを光軸に沿って前後に移動操作するようにしても良い。或いは、コリメータレンズ 13 を用いずに、光源 10 から出射された光が、発散光のまま対物レンズ 16 に入射するようにしてもよく、この場合には、対物レンズ 16 に入射する発散光の光路中にレンズを配置して、このレンズを光軸に沿って前後に移動操作するようにすればよい。

【0072】ただし、上記光学ヘッド 1 のように、コリメータレンズ 13 によって球面収差を補正するようにした場合、上記光透過層 4 の厚さ  $t$  が規定値通りであれば、対物レンズ 16 に入射する入射レーザ光が平行光となるので、対物レンズ 16 を取り扱いが容易な無限系のレンズとして扱うことができる。したがって、実際には、上記光学ヘッド 1 のように、コリメータレンズ 13 を球面収差補正用の光学素子として用いることが好ましい。

【0073】また、以上の説明では、光透過層 4 の厚み誤差  $\Delta t$  に起因する球面収差を補正する場合を例に挙げたが、更に、温度変化等の環境の変化や、光ディスク 2 の径方向における傾きや、光透過層 4 の屈折率  $n$  のばらつきや、光学ヘッド 1 を構成する光学部材のアライメントミスなどを検出し、それらによって生じる収差を補正するように、収差の補正のために配された光学素子を動かすようにしてもよい。

【0074】ところで、上記光学ヘッド 1 において、対物レンズ 16 の開口数 NA は、更なる高記録密度化を図るために、DVD の場合よりも更に大きくすることが望まれており、上述したように、開口数 NA を 0.65 以上とすることが望まれている。

【0075】しかしながら、対物レンズ 16 の開口数 NA を大きくすると、上述したような球面収差の問題ほかに、コマ収差が大きくなるという問題も生じる。コマ収差は、例えば、光ディスク 2 の径方向における傾き（以下、ラジアルスキューと称する。）によって発生するものであり、対物レンズ 16 の開口数 NA の 3 乗に比例して大きくなる。したがって、開口数 NA が大きくなるに従い、コマ収差を抑えることが、より重要となってくる。

【0076】コマ収差を抑えるためには、光透過層 4 の厚さ  $t$  を薄くすることが効果的である。例えば、DVD においてラジアルスキューの公差は  $\pm 0.4^\circ$  とされており、それと同じ公差を維持するには、光透過層 4 の厚さ  $t$  を下記式 (9) を満たすように設定すればよい。

【0077】

$$t \leq 0.1296 / NA^3 \quad \dots (9)$$

そして、例えば、 $NA \geq 0.65$  のときには、上記式 (9) を満たすのは、 $t \leq 0.47 \text{ mm}$  のときである。

したがって、例えば、上記光学ヘッド1において、対物レンズ16の開口数NAを0.65以上とする場合には、光透過層4の厚さ $t$ を0.47mm以下とすることが望ましい。これにより、対物レンズ16の開口数NAを0.65以上として高記録密度化を図ったとしても、光透過層4の厚さ $t$ の公差を従来のDVDと同程度に確保することができる。

【0078】また、上記式(9)から分かるように、対物レンズ16の開口数NAを更に大きくして、 $NA \geq 0.7$ としたときには、 $t \leq 0.37$ mmとすることが望ましく、また、対物レンズ16の開口数NAを更に大きくして、 $NA \geq 0.85$ としたときには、 $t \leq 0.21$ mmとすることが望ましい。

【0079】一般に、ラジアルスキューの公差を厳しくすることは困難であり、たとえ実現したとしても、大幅なコストアップを招いてしまう。しかしながら、上述のように、開口数NAの増大に合わせて光透過層4の厚さ $t$ を十分に薄くすることで、対物レンズ16の開口数NAを大きくして高記録密度化を図ったとしてもラジアルスキューの公差をDVDと同程度に確保することができる。したがって、上述のように、開口数NAの増大に合わせて光透過層4の厚さ $t$ を十分に薄くすることにより、ラジアルスキューの公差を厳しくすることなく(すなわち大幅なコストアップを招くことなく)、更なる高記録密度化を実現することができる。

【0080】<記録及び/又は再生装置>つぎに、本発明を適用した記録及び/又は再生装置の実施の形態について、図2に示すように、上述した光学ヘッド1を備え、上述した光ディスク2に対して記録再生を行う記録再生装置30を例に挙げて説明する。

【0081】なお、ここでは、相変化型の光ディスク2に対して記録再生を行う記録再生装置30を例に挙げるが、本発明は、光学ヘッドを備えた記録及び/又は再生装置に対して広く適用可能であり、記録及び/又は再生の対象となる情報記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等であってもよい。

【0082】この記録再生装置30は、光ディスク2を回転駆動させるスピンドルモータ31と、情報信号の記録再生を行う際に使用される上記光学ヘッド1と、光学ヘッド1を動かすための送りモータ32と、所定の変復調処理を行う変復調回路33と、光学ヘッド1のサーボ制御等を行うサーボ制御回路34と、システム全体の制御を行うシステムコントローラ35とを備えている。

【0083】スピンドルモータ31は、サーボ制御回路34により駆動制御され、所定の回転数で回転駆動される。すなわち、記録再生の対象となる光ディスク2は、スピンドルモータ31にチャッキングされ、サーボ制御回路34により駆動制御されるスピンドルモータ31によって、所定の回転数で回転駆動される。

【0084】光学ヘッド1は、情報信号の記録再生を行

う際、上述したように、回転駆動される光ディスク2に対してレーザ光を照射し、その戻り光を検出する。この光学ヘッド1は、変復調回路33に接続されている。そして、情報信号の記録を行う際、外部回路36から入力され変復調回路33によって所定の変調処理が施された信号が光学ヘッド1に供給され、光学ヘッド1は、変復調回路33から供給される信号に基づいて、光ディスク2に対して、光強度変調が施されたレーザ光を照射する。また、情報信号の再生を行う際、光学ヘッド1は、回転駆動される光ディスク2に対して、一定出力のレーザ光を照射し、その戻り光から再生信号を生成し、当該再生信号を変復調回路33に供給する。

【0085】また、この光学ヘッド1は、サーボ制御回路34にも接続されている。そして、情報信号の記録再生時に、回転駆動される光ディスク2によって反射されて戻ってきた戻り光から、上述したように、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号を生成し、それらのサーボ信号をサーボ制御回路34に供給する。

【0086】変復調回路33は、システムコントローラ35及び外部回路36に接続されている。そして、この変復調回路33は、情報信号を光ディスク2に記録する際は、システムコントローラ35による制御のもとで、光ディスク2に記録する信号を外部回路36から受け取り、当該信号に対して所定の変調処理を施す。そして、変復調回路33によって変調された信号は、光学ヘッド1に供給される。また、この変復調回路33は、情報信号を光ディスク2から再生する際は、システムコントローラ35による制御のもとで、光ディスク2から再生された再生信号を光学ヘッド1から受け取り、当該再生信号に対して所定の復調処理を施す。そして、変復調回路33によって復調された信号は、変復調回路33から外部回路36へ出力される。

【0087】送りモータ32は、情報信号の記録再生を行う際、光学ヘッド1を光ディスク2の径方向の所定の位置に送るためのものであり、サーボ制御回路34からの制御信号に基づいて駆動される。すなわち、この送りモータ32は、サーボ制御回路34に接続されており、サーボ制御回路34により制御される。

【0088】サーボ制御回路34は、システムコントローラ35による制御のもとで、光学ヘッド1が光ディスク2に対向する所定の位置に送られるように、送りモータ32を制御する。また、サーボ制御回路34は、スピンドルモータ31にも接続されており、システムコントローラ35による制御のもとで、スピンドルモータ31の動作を制御する。すなわち、サーボ制御回路34は、情報信号の記録再生時に、光ディスク2が所定の回転数で回転駆動されるように、スピンドルモータ31を制御する。また、サーボ制御回路34は、光学ヘッド1にも接続されており、情報信号の記録再生時に、光学ヘッド1からサーボ信号を受け取り、当該サーボ信号に基づい

て、光学ヘッド 1 に搭載された対物レンズ用 2 軸アクチュエータ 1 7 によるフォーカスサーボ及びトラッキングサーボの制御を行う。

【0089】更に、本発明を適用した記録再生装置 3 0 において、サーボ制御回路 3 4 は、フォーカスサーボ信号に基づいて光ディスク 2 の光透過層 4 の厚さ  $t$  を検出する厚さ検出手段としても機能する。以下、サーボ制御回路 3 4 による光透過層 4 の厚さ検出方法について説明する。

【0090】光学ヘッド 1 の光検出器 1 9 からサーボ制御回路 3 4 に送られるフォーカスサーボ信号には、フォーカス引き込み信号と、フォーカスエラー信号とがある。フォーカス引き込み信号は、光ディスク 2 によって反射された戻り光全体の光量を示す信号であり、対物レンズ 1 6 をフォーカス位置近傍に移動させるために使用される。一方、フォーカスエラー信号は、フォーカス引

$$\delta_y = \{ (n^2 - 1) \sin^2 \theta \times t \} / (n^2 - \sin^2 \theta)^{3/2}$$

そして、非点収差法によりフォーカスエラー信号を検出する光検出器の受光部を図 4 ～ 図 6 に示す。この受光部 2 1 は、矩形状とされ、互いに直交する 2 辺に平行な 2 本の分割線によって 4 分割されている。レーザ光が光ディスクの記録層上にジャストフォーカスしている場合に、受光部 2 1 上のビームスポット 2 2 が最小錯乱円となるように光検出器をセットすると、非合焦状態では、受光部 2 1 上のビームスポット 2 2 が楕円形状に変わる。従って、受光部 2 1 の 4 分割された領域をそれぞれ A, B, C, D とすると、フォーカスエラー信号 FE は、受光部 2 1 が受けた光量を電流 - 電圧変換増幅器によって増幅演算することにより、 $FE = (A + C) - (B + D)$  の電圧信号として得られる。

【0093】レーザ光が光ディスクの記録層上に合焦している場合、図 4 に示すように、受光部 2 1 上のビームスポット 2 2 の形状は略円形状である。そして、受光部 2 1 の各領域における受光光量は  $(A + C) = (B + D)$  となり、 $FE = 0$  となる。

【0094】また、光ディスクの記録層がレーザ光の合焦点よりも遠い位置にある場合、図 5 に示すように、受光部 2 1 上のビームスポット 2 2 の形状は楕円形となる。そして、受光部 2 1 の各領域における受光光量は  $(A + C) > (B + D)$  となり、 $FE > 0$  となる。

【0095】また、光ディスクの記録層がレーザ光の合焦点よりも近い位置にある場合、図 6 に示すように、受光部 2 1 上のビームスポット 2 2 の形状は楕円形となる。そして、受光部の各領域における受光光量は  $(A + C) < (B + D)$  となり、 $FE < 0$  となる。

【0096】そして、フォーカスエラー信号は、横軸にフォーカスずれ量ととり、縦軸に当該フォーカスエラー信号の出力をとると、一般に図 7 に示すような S 字状の曲線となる。そして、この S 字曲線の中心に位置する

き込み信号に基づいて対物レンズ 1 6 がフォーカス位置近傍に移動された後、対物レンズ 1 6 をジャストフォーカス位置に保持するための信号である。

【0091】この記録再生装置 3 0 では、非点収差法によりフォーカスエラー信号を得ている。非点収差法は、戻り光の集束光路中に、ガラス材等からなる平行平板、円筒レンズ等の光学素子を配し、意図的に大きな非点収差を発生させ、最小錯乱円前後のビーム形状を検出し、フォーカスエラー信号を得る方法である。非点収差を発生させる光学素子として平行平板を用いた場合の非点収差量  $\delta_y$  は、図 3 に示すように、光学戻りの開口の角度を  $\theta$  とし、有限光中に配置された平行平板 2 0 の屈折率を  $n$  とし、厚さを  $t$  とし、式 (10) のように表される。

【0092】

$$\dots (10)$$

ロ点ジャストフォーカス点を示す。また、この S 字曲線の一方のピーク P a から他方のピーク P b までの範囲 W a は、一般にフォーカス引き込み範囲と称される。

【0097】そして、フォーカスサーボを行うときには、まず、フォーカス引き込み信号を検出しながら、対物レンズ用 2 軸アクチュエータ 1 7 を駆動して、対物レンズ 1 6 を光軸に沿って前後に移動させる。そして、フォーカス引き込み信号に基づいて、対物レンズ 1 6 の焦点が記録層の近傍に位置するようにする。そして、対物レンズ 1 6 の焦点が記録層の近傍に位置し、対物レンズ 1 6 の位置が上記フォーカス引き込み範囲に入ったら、その後は、フォーカスエラー信号に基づいて、常にジャストフォーカス位置となるように（すなわち、フォーカスエラー信号が常にゼロ点となるように）、対物レンズ用 2 軸アクチュエータ 1 7 によって対物レンズ 1 6 を光軸に沿って前後に移動させる。これにより、常に記録層に焦点が合った状態となる。

【0098】以上がフォーカスサーボの原理である。そして、従来の記録再生装置では、以上のようなフォーカスサーボを行うために、記録層によって反射された戻り光によるフォーカスエラー信号を用いている。しかしながら、入射レーザ光は、記録層で反射されるだけでなく、光ディスク 2 の表面、すなわち光透過層 4 の表面でも、若干反射する。そして、フォーカスエラー信号には、光透過層 4 の表面で反射された戻り光によっても、図 7 に示したような S 字曲線が現れる。なお、以下の説明では、フォーカスエラー信号に現れる S 字曲線のうち、光ディスク 2 の光透過層 4 の表面で反射された戻り光によるものを第 1 の S 字曲線と称し、光ディスク 2 の記録層で反射された戻り光によるものを第 2 の S 字曲線と称する。

【0099】そして、本発明を適用した記録再生装置 3

0では、このような第1のS字曲線と第2のS字曲線とが現れるフォーカスエラー信号に基づいて、光透過層4の厚さ $t$ を検出するようにしている。すなわち、本発明を適用した記録再生装置30では、記録再生を行う前に、対物レンズ16の焦点位置が光透過層4の表面から記録層に至るまで、対物レンズ用2軸アクチュエータ17によって対物レンズ16を光軸に沿って前後に動かし、このときの対物レンズ16の移動速度とフォーカスエラー信号に現れる第1及び第2のS字曲線とに基づいて、光透過層4の厚さ $t$ を検出する。

【0100】具体例を図8を用いて説明する。なお、図8は、対物レンズ16を光軸に沿って光ディスク2に近づける方向に移動させたときのフォーカスエラー信号の出力を示しており、横軸は時間、縦軸はフォーカスエラー信号の出力を示している。

【0101】また、図8において、 $W_1$ は、対物レンズ16が第1のS字曲線におけるフォーカス引き込み範囲を通過するのに要した時間である。すなわち、 $W_1$ は、対物レンズ16の移動によって、フォーカスエラー信号が第1のS字曲線における最大値から最小値に至るまで

$$t = W_3 \times \{ (A/W_1)^2 + (A/W_2)^2 \}^{1/2} \quad \dots (11)$$

そして、本発明を適用した記録再生装置30において、サーボ制御回路34は、上記式(11)に基づいて光透過層4の厚さ $t$ を求める。

【0106】なお、このような光透過層4の厚さ $t$ の検出は、1回だけ行うようにしてもよいが、複数回繰り返し行い、それらの平均を求めるようにすることが好ましい。すなわち、光透過層4の厚さ $t$ を検出する際は、対物レンズ用2軸アクチュエータ17を所定の周波数（例えば100～200Hz程度）にて繰り返し前後に移動させて、繰り返し光透過層4の厚さ $t$ を求め、それらの平均を求めるようにすることが好ましい。これにより、光透過層4の厚さ $t$ の検出をより精度良く行うことができる。

【0107】そして、以上のように光透過層4の厚さ $t$ を検出したサーボ制御回路34は、コリメータレンズ用アクチュエータ14によってコリメータレンズ13を移動させて光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を最小とするように、光学ヘッド1に制御信号を送出する。そして、光学ヘッド1は、この制御信号に基づいて、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差が最小となるように、コリメータレンズ用アクチュエータ14によってコリメータレンズ13を移動させる。そして、記録再生装置30は、以上のように光透過層3の厚み誤差に起因する球面収差を補正した上で、従来の記録再生装置と同様に記録再生動作を行う。

【0108】以上のように、本発明を適用した記録再生装置30では、記録再生を行う前に、光透過層3の厚さ $t$ を測定し、その厚み誤差に起因する球面収差を補正す

透過層4の表面に焦点が合っているポイント、すなわち光透過層4の表面に対するジャストフォーカス点である。

【0102】また、図8において、 $W_2$ は、対物レンズ16が第2のS字曲線におけるフォーカス引き込み範囲を通過するのに要した時間である。すなわち、 $W_2$ は、対物レンズ16の移動によって、フォーカスエラー信号が第2のS字曲線における最大値から最小値に至るまでに要した時間である。また、P2は、光ディスク2の記録層に焦点が合っているポイント、すなわち記録層に対するジャストフォーカス点である。

【0103】また、図8において、 $W_3$ は、光ディスク2の光透過層4の表面に焦点が合っているポイントP1から、光ディスク2の記録層に焦点が合っているポイントP2に至るまでに要した時間である。

【0104】このとき、フォーカス引き込み範囲の長さをAとすると、光透過層4の厚さ $t$ は、下記式(11)で表される。なお、フォーカス引き込み範囲の長さAは、現在の多くの光学ヘッドでは、20 $\mu$ m程度に設定されている。

【0105】

るようにしている。したがって、光ディスク2の光透過層4に厚み誤差があったとしても、球面収差の発生が抑えられ、良好な状態で記録再生を行うことができる。

【0109】また、光学ヘッドを以下に示すような構成としてもよい。光学ヘッドの他の一構成例を図9に示す。この光学ヘッド100は、相変化型の光ディスク101に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドである。この光学ヘッド100によって記録再生がなされる光ディスク101は、基板102の上に、相変化によって情報信号を記録する記録層が形成されるとともに、この記録層上に、光透過層103が形成されてなる。そして、この光ディスク101は、光透過層103側から光を入射させて、記録再生を行うようになっている。

【0110】この光学ヘッド100は、光ディスク101の光透過層103の厚みを検出する第1の光学系104と、光ディスク101に情報の記録再生を行う第2の光学系105とを備えている。そして、この第2の光学系105では、光ディスク101に情報の記録再生を行う際に、第1の光学系104で検出された光ディスク101の光透過層103の厚みに基づいて、光ディスク101の光透過層103の厚み誤差に起因する球面収差を補正している。

【0111】第1の光学系104は、光源106と、偏光ビームスプリッタ107と、コリメータレンズ108と、対物レンズ109と、光検出器110とを備えている。

【0112】光源106は、光ディスク101に向かっ

て光を出射する。この光源 106 には、波長が 635 nm〜650 nm 程度の短波長レーザを発する半導体レーザが用いられる。光源 106 から出射されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ 107 で反射してコリメータレンズ 108 に入射する。

【0113】コリメータレンズ 108 に入射したレーザ光は、当該コリメータレンズ 108 によって平行光とされる。このコリメータレンズ 108 は、例えば、2 枚の球面レンズ 108a, 108b が貼り合わされてなる。そして、コリメータレンズ 108 で平行光とされたレーザ光は、対物レンズ 109 に入射する。

【0114】対物レンズ 109 に入射したレーザ光は、当該対物レンズ 109 によって集光され、光透過層 103 を介して光ディスク 101 の記録層上に入射する。また、この対物レンズ 109 は、2 軸アクチュエータ 111 に搭載されており、光軸方向及び光軸に垂直な方向に沿って移動可能となされている。

【0115】上述のように対物レンズ 109 によって集光され光ディスク 101 の記録層に入射したレーザ光は、記録層で反射されて戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って対物レンズ 109 を透過した後、コリメータレンズ 108 によって収束光とされる。そして、偏光ビームスプリッタ 107 を透過して光検出器 110 に入射し、この光検出器 110 によって検出される。

【0116】このような第 1 の光学系 104 では、光ディスク 101 の光透過層 103 の表面及び記録層におけるフォーカスエラー信号から、光ディスク 101 の光透過層 103 の厚さを検出する。

【0117】また、第 2 の光学系 105 は、光源 112 と、シンドリカルレンズ 113 と、偏光ビームスプリッタ 114 と、コリメータレンズ 115 と、回折格子 116 と、立ち上げミラー 117 と、1/4 波長板 118 と、2 群対物レンズ 119 と、光検出器 120 とを備える。

【0118】光源 112 は、光ディスク 101 に向かって光を出射する。この光源 112 には、波長が 400 nm〜650 nm 程度の短波長レーザを発する半導体レーザが用いられる。光源 112 から出射されたレーザ光は、シンドリカルレンズ 113 に入射する。

【0119】シンドリカルレンズ 113 に入射したレーザ光は、当該シンドリカルレンズ 113 によってビーム整形される。そして、シンドリカルレンズ 113 によってビーム整形されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ 114 を透過してコリメータレンズ 115 に入射する。

【0120】コリメータレンズ 115 に入射したレーザ光は、光ディスク 101 の光透過層 103 の厚さが規定値通りの場合には、当該コリメータレンズ 115 によって平行光とされる。なお、このコリメータレンズ 115 は、例えば、2 枚の球面レンズ 115a, 115b が貼

り合わされてなる。また、このコリメータレンズ 115 は、コリメータレンズ用アクチュエータ 121 に搭載されており、このコリメータレンズ用アクチュエータ 121 によって、入射レーザ光の光軸に沿って前後に移動可能とされている。

【0121】そして、このコリメータレンズ 115 は、光ディスク 101 の光透過層 103 の厚さが規定値から外れている場合には、当該光透過層 103 の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、コリメータレンズ用アクチュエータ 121 によって移動操作される。すなわち、光ディスク 101 の光透過層 103 の厚さが規定値から外れている場合、レーザ光は、光透過層 103 の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、コリメータレンズ 115 によって発散光或いは収束光とされる。そして、コリメータレンズ 115 から出射したレーザ光は、回折格子 116 に入射する。

【0122】回折格子 116 に入射したレーザ光は、当該回折格子 116 によって回折されて 3 ビームとされる。この回折格子 116 は、いわゆる 3 スポット法によるトラッキングサーボを可能とするために、レーザ光を少なくとも 3 つに分割するためのものである。そして、回折格子 116 から出射したレーザ光は、立ち上げミラー 117 によってその進行方向を折り曲げられて 1/4 波長板 118 に入射する。

【0123】1/4 波長板 118 に入射したレーザ光は、当該 1/4 波長板 118 によって直線偏光から円偏光とされる。そして、1/4 波長板 118 から出射したレーザ光は、2 群対物レンズ 119 に入射する。

【0124】2 群対物レンズ 119 に入射したレーザ光は、当該 2 群対物レンズ 119 によって集光され、光透過層 103 を介して光ディスク 101 の記録層上に入射する。なお、この 2 群対物レンズ 119 は、例えば、2 枚のレンズ 119a, 119b からなる。また、この 2 群対物レンズ 119 は、2 軸アクチュエータ 111 に搭載されており、光軸方向及び光軸に垂直な方向に沿って移動可能となされている。

【0125】上述のように 2 群対物レンズ 119 によって集光され光ディスク 101 の記録層に入射した入射レーザ光は、記録層で反射されて戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って 2 群対物レンズ 119 を透過した後、コリメータレンズ 115 によって収束光とされた後、偏光ビームスプリッタ 114 で反射して光検出器 120 に入射し、この光検出器 120 によって信号が検出される。

【0126】また、この第 2 の光学系 105 は、図 9 に示すように、偏光ビームスプリッタ 114 により反射されたレーザ光を集光する集光レンズ 122 と、この集光レンズ 122 に集光されたレーザ光を受光して、その受光量に基づいて、光源 112 から出射されるレーザ光の出力を自動調整する出力調整用光検出器 123 とを備え

ている。

【0127】そして、この光学ヘッド100では、第1の光学系104の対物レンズ109と、第2の光学系105の2群対物レンズ119とが、2軸アクチュエータ111に搭載されて、2軸方向に駆動変位することにより、光ディスク101に対するトラッキング制御及びフォーカシング制御が行われる。

【0128】図10及び図11に、2軸アクチュエータ111の一構成例を示す。この2軸アクチュエータ111は、対物レンズ109と2群対物レンズ119とが取り付けられるボビン130と、このボビン130を互いに直交する2軸方向に移動させる電磁駆動機構131とを備えている。

【0129】ボビン130は、図10及び図11に示すように、天板を有する略円筒状に形成され、中心部を支軸132によって支持されている。そして、ボビン130は、支軸132の軸線方向に摺動可能であって支軸132の軸回り方向に回転可能に支持されている。このボビン130には、対物レンズ109と2群対物レンズ119とが、支軸132を挟んで対称な位置に配され、光軸が互いに平行となるように設けられている。

【0130】ボビン130を駆動変位させる電磁駆動機構131は、図10及び図11に示すように、フォーカシング用マグネット133及びフォーカシング用ヨーク134、135と、トラッキング用マグネット136及びトラッキング用ヨーク137、138とを有する磁気回路と、フォーカシング用コイル139及びトラッキング用コイル140とを備えて構成されている。

【0131】また、この電磁駆動機構131のトラッキング用コイル140の内方には、図11に示すように、ボビン130の中立位置を位置決めするための金属片141が固定されて設けられている。ボビン130は、金属片141が単面2極分割されたトラッキング用マグネット136の2極の境界に引きつけられることによって、第2の方向であるトラッキング方向の中立位置に位置決めされるとともに第1の方向であるフォーカシング方向の中立位置に位置決めされる。また、ボビン130は、支軸132が立設された支持基台142上に、弾性を有するゴム等によって構成された中立点支持機構によって中立位置に保持される。

【0132】このように中立位置に保持されたボビン130は、電磁駆動機構131によって駆動変位されることによって支軸132の軸線方向に摺動され、さらに支軸132の軸回り方向に回転される。

【0133】すなわち、この電磁駆動機構131は、フォーカシング用コイル139にフレキシブル基板143を介してフォーカシングエラー信号が供給されることにより、ボビン130を支軸132の軸線方向に駆動変位させる。そして、ボビン130が支軸132の軸線方向に摺動変位されることによって、2群対物レンズ119

及び2群対物レンズ119の光ディスク101に対するフォーカシング制御が行われる。

【0134】また、この電磁駆動機構131は、トラッキング用コイル140にフレキシブル基板143を介してトラッキングエラー信号が供給されることにより、ボビン130を支軸132の軸回り方向に回転変位させる。そして、ボビン130が支軸132の軸回り方向に回転変位されることによって、対物レンズ109及び2群対物レンズ119の光ディスク101に対するトラッキング制御が行われる。

【0135】なお、この光学ヘッド100では、フォーカシングサーボ方法として、いわゆる非点収差法が用いられており、トラッキングサーボ方法として、いわゆる3スポット法が用いられている。非点収差法は、光ディスクからの反射レーザ光を例えばシリンダカルレンズを介して検出領域が4分割された光検出器によって検出し、各検出領域から得られる検出出力の和及び／又は差を求めることによって、レーザ光の記録層に対する合焦ずれ成分であるフォーカシングエラー信号を得るようにしたものである。

【0136】また、3スポット法は、光源から出射される1本のレーザ光を回折格子等を用いて、1本の主レーザ光と2本の副レーザ光に分割し、記録トラックの中心に照射される主レーザ光の前後に2本の副レーザ光を照射する。主レーザ光の前後に照射された副レーザ光の反射レーザ光を、2つの受光部を有する光検出器により検出し、各受光部から得られる検出出力の差を求めることによって、主レーザ光の記録トラックに対するずれ成分であるトラッキングエラー信号を得るようにしたものである。

【0137】このような光学ヘッド100を用いて、光ディスク101からの再生を行う場合には、まず、第1の光学系104で、光ディスク101の光透過層103の表面及び記録層におけるフォーカスエラー信号から、光ディスク101の光透過層103の厚さを検出する。すなわち、この第1の光学系104では、上述したように、対物レンズ109の焦点位置が光透過層103の表面から記録層に至るまで、2軸アクチュエータ111によって対物レンズ109を光軸に沿って前後に動かし、このときの対物レンズ109の移動速度と、フォーカスエラー信号に現れる第1のS字曲線及び第2のS字曲線とに基づいて、上述した式(11)から光透過層103の厚さを検出する。

【0138】そして、第1の光学系104で検出された光ディスク101の厚みは、図示しない制御回路によって演算されて予め決められたテーブルや関数に従って判定され、光ディスク101の厚み誤差に起因する球面収差を補正するための動作を決定し、その信号を第2の光学系105に送出する。そして、第2の光学系105では、この制御信号に基づいて、光透過層103の厚み誤

差に起因する球面収差が最小となるように、コリメータレンズ用アクチュエータ 121 によってコリメータレンズ 115 を関数的に若しくは段階的に移動させる。

【0139】そして、第 2 の光学系 105 では、以上のように光透過層 103 の厚み誤差に起因する球面収差を補正した上で、光ディスク 101 に対して記録再生動作を行う。このように、コリメータレンズ用アクチュエータ 121 によってコリメータレンズ 115 を最適位置へ動かすことにより、光透過層 103 の厚みの誤差によって発生する球面収差を補正し、良好な信号を得ることができる。

【0140】また、第 2 の光学系 105 において光ディスク 101 を再生する場合、第 1 の光学系 104 は、第 2 の光学系 105 におけるワーキングディスタンス、すなわち、光ディスク 101 と 2 群対物レンズ 119 との間隔を検出するための光学系として機能する。

【0141】第 2 の光学系 105 において、2 群対物レンズ 119 を光軸方向に沿って動かすことによりフォーカス引き込み動作を行うが、2 群対物レンズ 119 が高開口数であるため、フォーカス引き込み範囲が狭く、光ディスク 101 と 2 群対物レンズ 119 との間の作動距離が例えば 0.5 mm 以下とされている。そのため、光ディスク 101 の面揺れや、光ディスク 101 の高さが基準よりもずれていたりすると、フォーカス引き込み動作時に、光ディスク 101 と 2 群対物レンズ 119 とが衝突する恐れがある。

【0142】そのため、第 2 の光学系 105 でフォーカス引き込み動作を行う際に、第 1 の光学系 104 を補助的に用いることで、光ディスク 101 と 2 群対物レンズ 119 との衝突を防止する。

【0143】すなわち、第 1 の光学系 104 においては、光源 106 から出射したレーザ光を光ディスク 101 上に集光し、光ディスク 101 で反射された戻り光を光検出器 110 によって受光して、2 群対物レンズ 119 の位置を検出する。具体的には、例えば、第 2 の光学系 105 において、2 群対物レンズ 119 がフォーカシング制御の引き込み範囲から大きく外れてしまっているとき、第 1 の光学系 104 の光検出器 110 で検出されるフォーカシングエラー信号が 0 に近づくが、再生信号の出力が減少すること等から、合焦点に対する 2 群対物レンズ 119 の位置が検出される。

【0144】また、光学ヘッド 100 では、第 2 の光学系 105 が光ディスク 101 を再生する際、第 2 の光学系 105 の 2 群対物レンズ 119 を光ディスク 101 から遠ざかる方向に移動させて退避させる。

【0145】このように、この光学ヘッド 100 では、第 2 の光学系 105 で光ディスク 101 の再生を行う際に、第 1 の光学系 104 をフォーカス引き込みの補助光学系として使用することで、光ディスク 101 の面揺れや高さずれ等があっても、光ディスク 101 に 2 群対物

レンズ 119 が衝突することなく、容易にフォーカス引き込みを行うことができる。

【0146】この第 1 の光学系 104 におけるフォーカス引き込みの補助機能及びワーキングディスタンスの検出方法は、非点収差法以外の方法、例えば差動同心円法等によるものであってもよい。

【0147】

【実施例】以下、本発明を適用した光学ヘッドの光学系の要部について、その具体的な実施例を説明する。

【0148】なお、以下の説明では、コリメータレンズを含む往路光学系の具体例を挙げ、当該コリメータレンズの移動によって成される球面収差の補正について説明するが、コリメータレンズの移動距離やその精度は、通常の設計においては、対物レンズの設計によらず、対物レンズの光出射側の開口数 NA と、光ディスクの記録層上に形成された光透過層の厚さとにだけ依存する。したがって、以下の説明において、対物レンズについては、光出射側の開口数 NA についてだけ具体的な数値を挙げ、その他のレンズデータは省略する。

【0149】また、以下の説明では、コリメータレンズとして球面貼り合わせレンズを使用した例（実施例 1）と、コリメータレンズとして表面位相型のホログラムレンズを使用した例（実施例 2）とを挙げるが、本発明において、コリメータレンズには任意のものが使用可能である。すなわち、コリメータレンズとして、例えば、非球面レンズやフレネルレンズ等も使用可能であるし、或いは、いわゆる体積位相型のホログラムレンズ等も使用可能である。

【0150】＜実施例 1＞本実施例の光学系を図 12 に示す。この光学系は、基板 50a の表面に記録層が形成され当該記録層上に光透過層 50b が形成されてなる光ディスク 50 に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドの光学系の要部であり、光源と対物レンズ 51 との間に、回折格子 52 と、偏光ビームスプリッタ 53 と、コリメータレンズ 54 と、開口絞り 55 とが配されてなる。ここで、コリメータレンズ 54 は、色消しのために、球面レンズからなる第 1 のレンズ 54a と、球面レンズからなる第 2 のレンズ 54b とを貼り合わせた球面貼り合わせレンズであり、その光入射側の開口数 NA は 0.14 とされている。

【0151】この光学系のレンズデータを表 1 に示す。なお、表 1 では、この光学系のレンズデータについて、物体面を OBJ、回折格子 52 の光入射面を s1、回折格子 52 の光出射面を s2、偏光ビームスプリッタ 53 の光入射面を s3、偏光ビームスプリッタ 53 の光出射面を s4、コリメータレンズ 54 を構成する第 1 のレンズ 54a の光入射面を s5、コリメータレンズ 54 を構成する第 1 のレンズ 54a と第 2 のレンズ 54b との貼り合わせ面を s6、コリメータレンズ 54 を構成する第 2 のレンズ 54b の光出射面を s7 として示している。



また、s 8はダミー面であり、STOは、対物レンズ5  
1に対応した開口絞り55である。

【0152】

【表1】

面番号	曲率半径	軸上間隔	屈折率 $n_d$	アッベ数
OBJ	$\infty$	0.000000		
s 1	$\infty$	2.800000	1.51680	64.17
s 2	$\infty$	10.130000		
s 3	$\infty$	2.200000	1.51680	64.17
s 4	$\infty$	1.734906		
s 5	22.03200	1.630000	1.78472	25.76
s 6	8.21300	2.100000	1.58267	46.47
s 7	-11.74000	3.265094		
s 8	$\infty$	0.000000		
STO	$\infty$	0.000000		

【0153】ここで、光ディスク50の光透過層50bの厚さは0.1mm、対物レンズ51の開口数NAは0.85、使用する光の波長 $\lambda$ は635nmとする。そして、この光学系の物像間の倍率は0.1891である。

【0154】以上のような光学系について、光透過層50bの厚み誤差と、波面収差との関係を図13に示す。なお、図13において、波面収差については、射出瞳面上での標準偏差WFErmsを、使用する光の波長を $\lambda$ として示している。また、図13において、点線A1は、コリメータレンズ54を動かしていない場合（すなわち、球面収差の補正を行っていない場合）について、光透過層50bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。また、図13において、実線A2は、点線A3に示すように光透過層50bの厚み誤差に応じてコリメータ

レンズ54を動かした場合（すなわち、球面収差の補正を行った場合）について、光透過層50bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。

【0155】図13に示すように、光ディスク50の光透過層50bに厚み誤差がない場合、この光学系において、波面収差は約0.003 $\lambda$ である。そして、図13から分かるように、コリメータレンズ54を動かさない場合には、光透過層50bの厚み誤差があると波面収差が非常に大きくなってしまいが、光透過層50bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ54を動かすことにより、光透過層50bの厚み誤差によって発生する波面収差を大幅に抑制することができる。

【0156】具体的には、図13から分かるように、光透過層50bの厚さにばらつきがあったとしても、下記式(12)に示すようにコリメータレンズ54を移動させることで、波面収差を抑制することができ、これにより、例えば、光透過層50bの厚み誤差が $\pm 10\mu\text{m}$ 程度の範囲内であれば、波面収差を0.01 $\lambda$ 以下に抑えることが可能となる。

【0157】 $\Delta L \approx 21 \Delta t \dots (12)$

なお、上記式(12)において、 $\Delta L$ は、コリメータレンズ43の移動量であり、光ディスク50から遠ざかる方向を正としている。また、 $\Delta t$ は、光ディスク50の光透過層50bの厚み誤差である。

【0158】＜実施例2＞本実施例の光学系を図14に示す。この光学系は、基板60aの表面に記録層が形成され当該記録層上に光透過層60bが形成されてなる光ディスク60に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドの光学系の要部であり、光源と対物レンズ61との間に、ホログラムレンズからなるコリメータレンズ62と、開口絞り63とが配されてなる。

【0159】この光学系のレンズデータを表2に示す。なお、表2では、この光学系のレンズデータについて、物体面をOBJ、コリメータレンズ62の光入射面をs1、コリメータレンズ62の光出射面をs2として示している。また、s3はダミー面であり、STOは、対物レンズ61に対応した開口絞り63である。

【0160】

【表2】

面番号	曲率半径 又は 位相差関数の係数	軸上間隔	屈折率 $n_d$	アッペ数
O B J	$\infty$	14.000000		
s 1	$C_1:-3.5714E-02$ $C_2:4.5549E-05$ $C_3:-1.1354E-07$ $C_4:0.0$	1.000000	1.515014	64.17
s 2	$\infty$	0.860000		
s 3	$\infty$	0.000000		
S T O	$\infty$	0.000000		
位相差関数： $m = C_1 R^2 + C_2 R^4 + C_3 R^6 + C_4 R^8$				

【0161】ここで、光ディスク60の光透過層60bの厚さは0.1mm、対物レンズ61の開口数NAは0.85、使用する光の波長 $\lambda$ は635nmとする。そして、この光学系の物像間の倍率は0.1891である。

【0162】なお、上記コリメータレンズ62は、入射光に位相差を生じさせて回折させる、いわゆる表面位相型のホログラムレンズであり、その光入射側の開口数NAは0.16とされている。

【0163】このコリメータレンズ62は、透過光に位相差が生じるように、レンズ表面に機械加工が施される。すなわち、このコリメータレンズ62は、レンズ表面に機械加工が施されることにより、透過光に位相差

$$m = C_1 R^2 + C_2 R^4 + C_3 R^6 + C_4 R^8$$

上記式(13)は、表面位相型のホログラムレンズであるコリメータレンズ62の製造時に2つの点光源が無限遠にあるとしたときの各面での位相ずれを、基板上の極座標多項式で表したものであり、 $m$ は回折基準波長での光路差を示している。また、本実施例で用いるコリメータレンズ62は、位相差関数が軸対象となるホログラムレンズであり、上記式(13)において、 $R$ は光軸からの距離を示している。そして、表2における $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ は、このコリメータレンズ62について、回折基準波長を635nmとしたときの位相差関数の各係数を示している。

【0167】以上のような光学系について、光透過層60bの厚み誤差と、波面収差との関係を図15に示す。なお、図15においても、図13と同様に、波面収差については、射出面上での標準偏差WFErmsを使用する光の波長を $\lambda$ として示している。また、図15において、実線A4は、点線A5に示すように光透過層60bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ62を動かした場合(すなわち、球面収差の補正を行った場合)について、光透過層60bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。

【0168】図15に示すように、光ディスク60の光透過層60bに厚み誤差がない場合、この光学系において、波面収差は約0.003 $\lambda$ である。そして、図15から分かるように、光透過層60bの厚み誤差に応じて

が生じるようになされており、これにより、光の回折を生じさせる。そして、本実施例の光学系では、このコリメータレンズ62によって回折されてなる1次回折光が、開口絞り63を介して対物レンズ61に入射するようになされている。

【0164】なお、このコリメータレンズ62は、表面形状がブレード形状(すなわち鋸の歯のような形状)とされていることが好ましい。表面形状をブレード形状とした場合には、入射光のうちの100%近くが1次回折光となるので、高い光利用効率を得られる。

【0165】そして、このコリメータレンズ62の特性は、下記式(13)に示す位相差関数で表される。

$$\dots (13)$$

コリメータレンズ62を動かすことにより、光透過層60bの厚み誤差によって発生する波面収差が大幅に抑制される。具体的には、図15から分かるように、光透過層60bの厚さにばらつきがあったとしても、下記式(14)に示すようにコリメータレンズ62を移動させることで、波面収差を抑制することができる。

$$\Delta L \approx 14 \Delta t \dots (14)$$

なお、上記式(14)において、 $\Delta L$ は、コリメータレンズ62の移動量であり、光ディスク60から遠ざかる方向を正としている。また、 $\Delta t$ は、光ディスク60の光透過層60bの厚み誤差である。

【0170】ところで、実施例1及び実施例2のようにコリメータレンズを移動させると、レンズ間に偏心が生じたり、レンズ面に傾きが生じたりする恐れがある。このような偏心や傾きはコマ収差や非点収差の原因となり、これらのコマ収差や非点収差が大きくなると、システムが破綻してしまう。しかし、実施例1及び実施例2の光学系では、コリメータレンズの光入射側の開口数NAが小さいので、レンズ間の偏心やレンズ面の傾きの影響を受け難い。具体的には、これらの光学系では、30 $\mu$ m程度の偏心や0.1°程度の傾きまでならば、コマ収差や非点収差の発生量は十分に少なく、実用上問題はない。

$$\dots (171)$$

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

によれば、対物レンズの開口数NAを大きくしても、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差を低く抑えることが可能となる。したがって、本発明によれば、光透過層の厚み誤差の公差を大きく許容したまま、情報記録媒体の製造原価を上げることなく、情報記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を適用した光学ヘッドの一例を示す図である。

【図 2】 本発明を適用した記録及び／又は再生装置の一例を示す図である。

【図 3】 非点収差を説明する図である。

【図 4】 非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

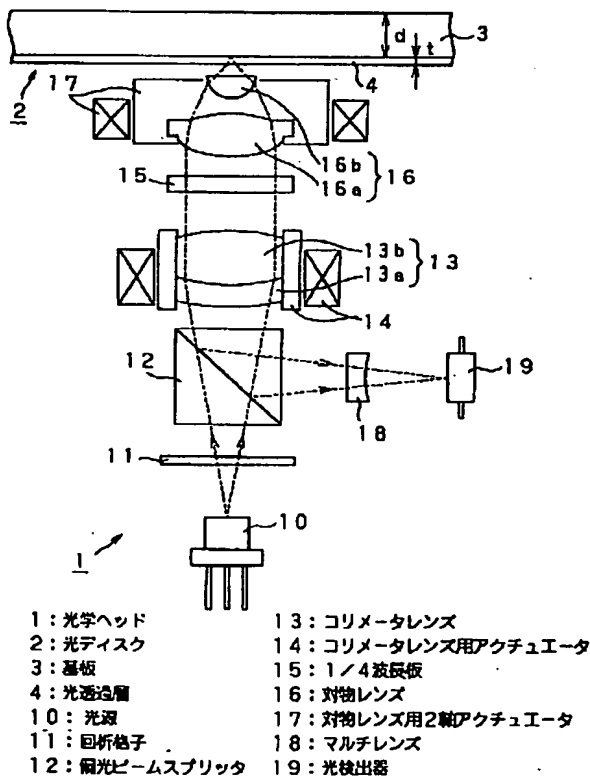
【図 5】 非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

【図 6】 非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

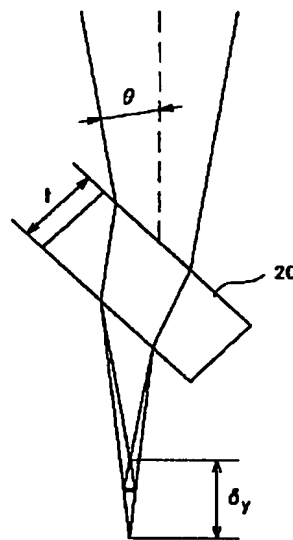
【図 7】 フォーカスエラー信号に現れる S 字曲線を示す図である。

【図 8】 対物レンズを光軸に沿って光ディスクに近づける方向に移動させたときのフォーカスエラー信号の出力を示す図である。

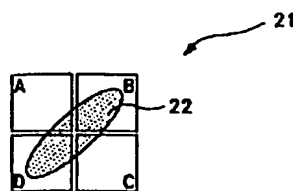
【図 1】



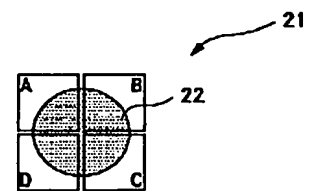
【図 3】



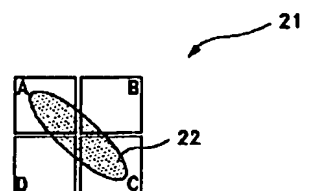
【図 5】



【図 4】



【図 6】



【図 9】 本発明を適用した光学ヘッドの他の一例を示す図である。

【図 10】 図 9 の光学ヘッドで使用されている 2 軸アクチュエータの一例を示す平面図である。

【図 11】 図 9 の光学ヘッドで使用されている 2 軸アクチュエータの一例を示す側面図である。

【図 12】 実施例 1 の光学系の概略を示す図である。

【図 13】 実施例 1 について、光透過層の厚み誤差と、波面収差と、コリメータレンズの移動量との関係を示す図である。

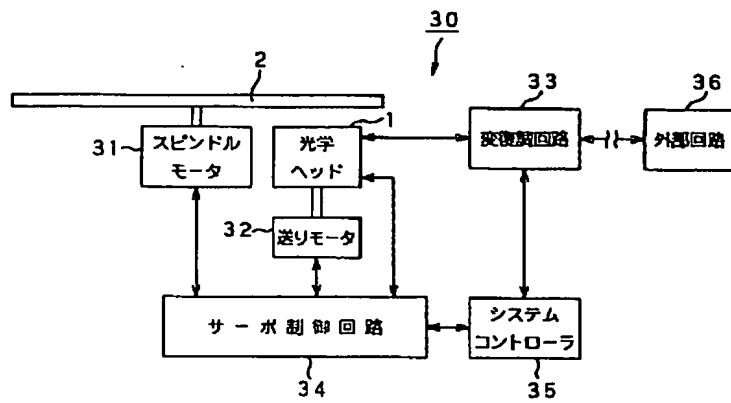
【図 14】 実施例 2 の光学系の概略を示す図である。

【図 15】 実施例 2 について、光透過層の厚み誤差と、波面収差と、コリメータレンズの移動量との関係を示す図である。

【符号の説明】

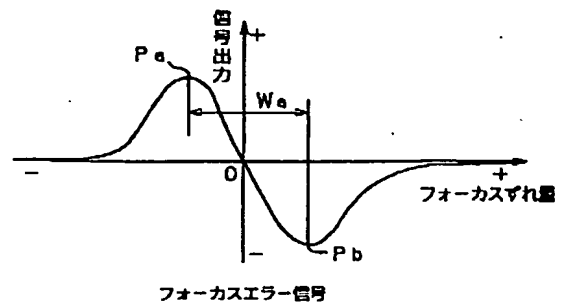
1 光学ヘッド、 2 光ディスク、 3 基板、 4 光透過層、 10 光源、 11 回折格子、 12 偏光ビームスプリッタ、 13 コリメータレンズ、 14 コリメータレンズ用アクチュエータ、 15 1/4 波長板、 16 対物レンズ、 17 対物レンズ用 2 軸アクチュエータ、 18 マルチレンズ、 19 光検出器

【図 2】

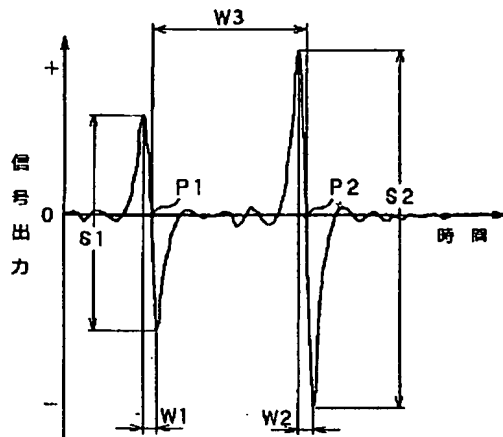


2: 光ディスク  
30: 記録再生装置

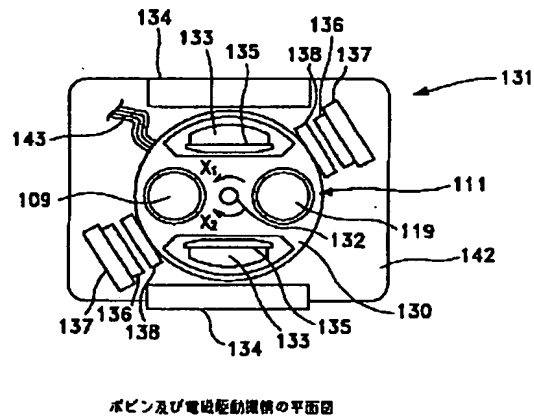
【図 7】



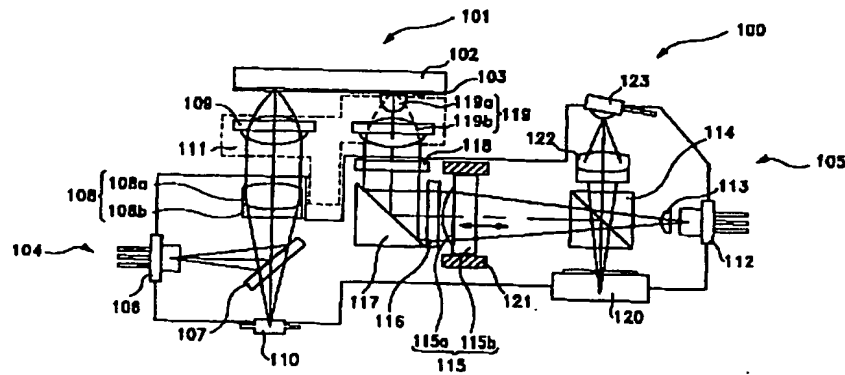
【図 8】



【図 10】

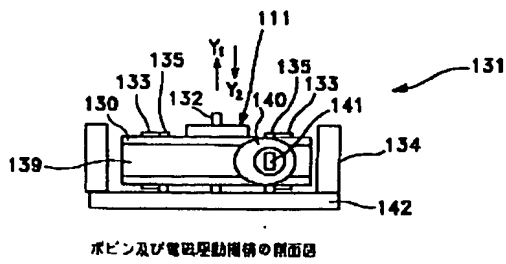


【図 9】

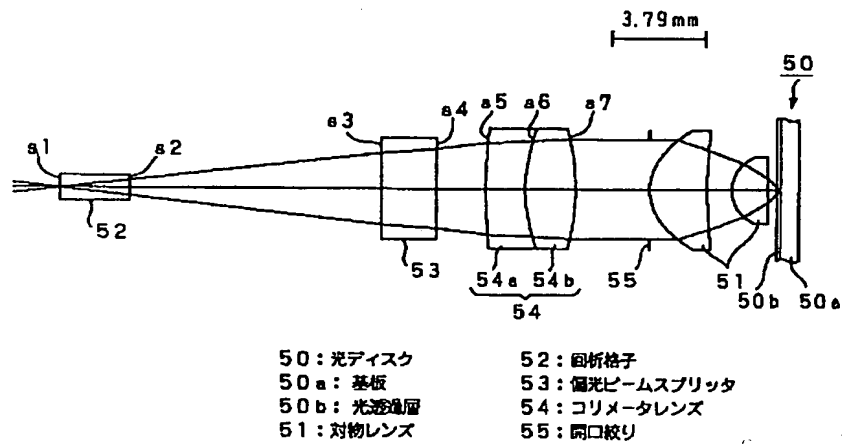


光学ヘッドの一例

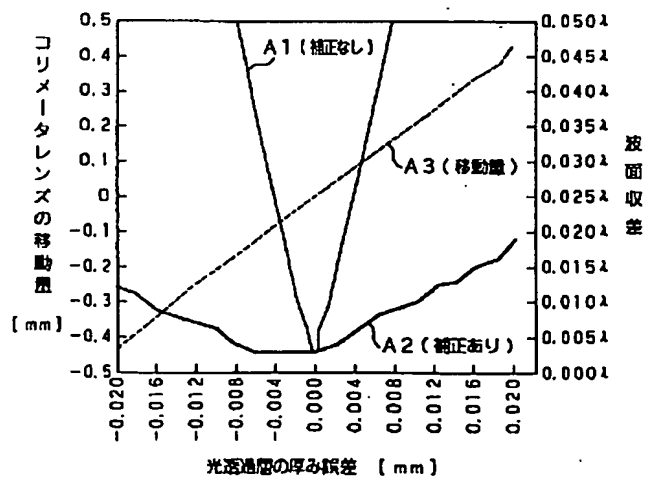
【図 11】



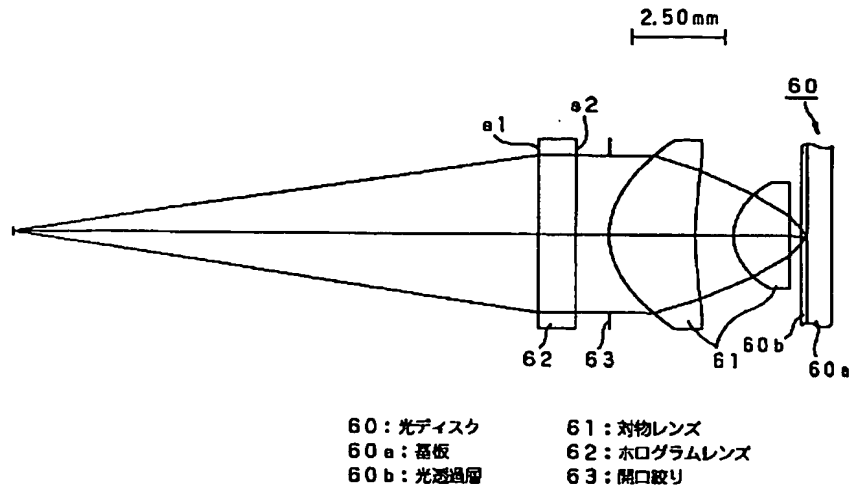
【図 12】



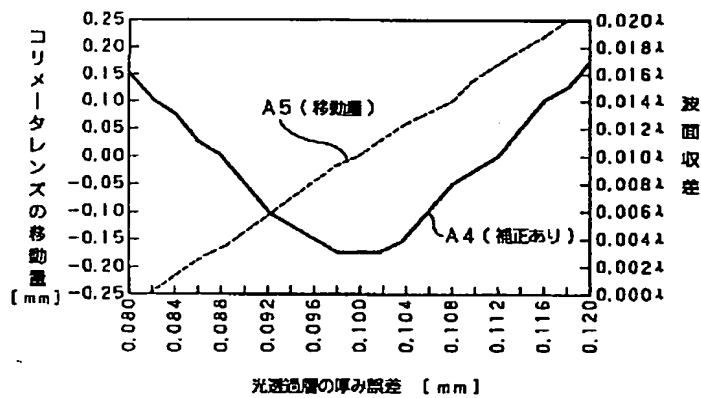
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 坂本 敏  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 川村 洋  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 日根野 哲  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**